Ein Beitrag zur Kenntnis der tertiären Braunkohlenhölzer des Geiseltals.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Preußischen Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Robert Zander
aus Magdeburg.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Separat-Abdruck aus „Braunkohle" 1922/23.

Halle (Saale).
Druck von Wilhelm Knapp.
1923.

Referent: Prof. Dr. Georg Karsten.

Meinen lieben Eltern.

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Der Fundort	1
III. Allgemeine Beschaffenheit des Pflanzenrestes und der ihn umgebenden Kohle	1
IV. Vergleichende Untersuchungen	2
A) Rezente Tracheiden	2
1. von Pteridophyten	2
a) Filicales	2
b) Equisetales	2
c) Lycopodales	2
2. von Cycadales	2
3. von Ginkgoales	2
4. von Coniferae	3
5. von gefäßlosen Angiospermae	6
a) Drimys	6
b) Trochodendron	6
c) Tetracentron	6
B) Fossile Tracheiden	6
1. Aeußerer Befund	6
2. Untersuchungsmethoden	7
a) Aufhellungsversuche	7
b) Mikroskopische Untersuchungen	8
C) Ergebnisse aus den Vergleichen von A) und B)	10
V. Zusammenfassung	11

Lebenslauf.

Ich, Robert Zander — Sohn des Gärtnereibesitzers Paul Zander, Magdeburg —, wurde am 26. Juli 1892 zu Magdeburg geboren und daselbst evangelisch getauft. Meine Schulausbildung genoß ich nacheinander auf der 1. Bürgerknabenschule, der sechsstufigen Realschule, der Oberrealschule und später auf der Städtischen Oberrealschule zu Halle (Saale). Nach erlangtem Reifezeugnis trat ich am 6. August 1914 als Kriegsfreiwilliger in die Armee und geriet nach vierjährigem Frontdienst am 23. Oktober 1918 in englische Gefangenschaft, wo ich im Officiers-camp, Lofthouse-Park, bis 29. Dezember 1919 zurückgehalten wurde. Am 9. Januar 1920 begann ich mein Studium. Am 1. Dezember 1921 erhielt ich durch Befürwortung des Herrn Prof. Dr. Karsten die zweite Assistentenstelle am hiesigen Botanischen Institut. Ich hörte Vorlesungen bei den Herren Prof. Dr. Karsten, Sierp, Haecker, Brühl, Hollrung, Mie, Vorländer, Wangerin, Eberhard, Jung, Ziehen, Menzer, Frischeisen-Köhler, Dr. G. Schmid, Alverdes und Lektor Lavoipière. Allen Herren spreche ich hier meinen Dank aus für die wissenschaftlichen Belehrungen. Besonderen Dank schulde ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Karsten, für die mannigfachen Anregungen und Förderungen und das persönliche Wohlwollen, das er mir stets in reichem Maße entgegenbrachte.

I. Einleitung.

Im Braunkohlentagebau der Grube Emma der Dörstewitz-Rattmannsdorfer Braunkohlen-Industrie-Gesellschaft bei Lützkendorf im Geiseltal, Bezirk Merseburg, wurde im Sommer 1921 ein inkohlter Pflanzenrest gefunden, der durch seine wesentliche Abweichung von vorauf-gegangenen paläophytologischen Funden be-sonders auffiel. Herr Diplomingenieur Otto sandte ihn ein und Herr Prof. Dr. Karsten überließ ihn mir liebenswürdigerweise zur Unter-suchung.

Da mir von der genannten Gesellschaft der Bescheid wurde, daß bisher kein ähnlicher Fund zu verzeichnen war, begab ich mich selbst mehr-mals an den Fundort, ohne jedoch ein ähnliches Stück zu finden. Die Stelle, aus der das zu identifizierende Stück herausgebrochen war, war inzwischen abgebaut worden. Ich sammelte aus verschiedenen Höhen des 81 m tiefen Baues die typischen Formen der inkohlten und verkohlten Reste und erhielt ergänzend dazu durch Herrn Diplomingenieur Otto, dem ich an dieser Stelle meinen Dank für seine Unterstützungen aus-spreche, Einblick in die Sammlung früher ge-fundener Fossilien, sowie Aufklärung über die geologischen Verhältnisse. Für die Erlaubnis zur Besteigung der Grube unter bergmännischer Führung schulde ich Herrn Direktor Scharf besonderen Dank. Auch Herrn Geheimrat Prof. Dr. Walther und seinem Assistenten, Herrn Privatdozent Dr. v. Freyberg, verdanke ich einige wichtige geologische Aufschlüsse und literarische Hinweise. Ferner bin ich Herrn Privatdozent Dr. G. Schmid für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse und Herrn Kustos Dr. Eb. Ulbrich vom Botanischen Museum Berlin-Charlottenburg für Zusendung von re-zentem Vergleichsmaterial Dank schuldig. In allererster Linie aber habe ich meinem hoch-verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Karsten, zu danken für die Anregung zu dieser Arbeit und die wertvollen Ratschläge bei ihrer Ausführung.

II. Der Fundort.

Der Fundort ist ein 81 m tiefer Braunkohlen-tagebau, der im Profil von oben nach unten besteht aus einer mäßig mächtigen Schicht Sand, auf die eine fast gleich mächtige Schicht Ton mit vielen Naturselbstdrucken folgt und übergeht in horizontal gelagerte Braunkohle. Diese Braun-kohle gehört nach O. v. Linstows mehrfachen Ausführungen in den Jahrbüchern der Preuß.-Geol. Landesanstalt, sowie nach Salzmanns Dissertation über die Genesis der Braunkohlen im Geiseltal dem Eozän an, also dem ältesten Tertiär, in dem sich nach Potonié-Gothan[28]), Schimper-Schenk[50]) und vielen anderen Autoren Pteridophytae, Cycadales, Ginkgoales, Coniferae und eine Reihe Angiospermae fanden. Da unter diesen die Coniferae den größeren Teil der bekannten Braunkohlenlager ausmachen, drängt sich zuerst die Frage auf, ob der er-wähnte Fundort gleichfalls das Erzeugnis ab-gestorbener Nadelwälder ist. Die überaus häufigen Funde typischer Angiospermenblätter und das fast völlige Fehlen von Baumstammresten läßt auf das Gegenteil schließen. Die Masse der Blätter ist augenscheinlich; das Fehlen von Stämmen liegt nach Gothan[28]), S. 906, „an dem andersartigen Aufbau der dikotylen Hölzer, in deren Holzkörper ja leichter zersetzbare, par-enchymatische, weiche Gewebsteile mit wider-standsfähigeren (Holz- und Libriformelementen) nebeneinander vorkommen. Bei der schnell fort-schreitenden Zersetzung der zarteren Gewebe-teile verliert dann bald das ganze Holzgefüge den Halt und zerfällt." Wenn trotzdem viele Anhäufungen von fossilen Harzen, von Retiniten, auftreten, die dem Nadelholz im allgemeinen seine Konsistenz geben, so berechtigt das nach Gothan[9]) nicht ohne weiteres zur Annahme, daß diese fossilen Harze koniferer Natur sein müssen, sie können auch von Laubbäumen stammen. Wenn ferner alles Suchen nach jenen Pollenkörnern, die durch ihre Luftsäckchen so charakteristisch sind für Koniferen, ergebnislos blieb, so spricht auch dieser Befund dafür, daß Koniferen an der Bildung dieses Lagers nur sehr geringen Anteil haben konnten. Es fragt sich nun, ob die genauere Untersuchung des vorliegenden Fossiles überhaupt die Koniferen im Bereich der Möglichkeit läßt oder nicht.

III. Allgemeine Beschaffenheit des Pflanzenrestes und der ihn umgebenden Kohle.

Aus später genauer zu erläuternden Unter-suchungen ergab sich als erstes wesentliches Resultat, daß die bastfaserartig aussehenden

inkohlten Teile echte Tracheiden sind und daß nichts, was pflanzliche Struktur zeigte, sonst aufzufinden war. Die den Pflanzenrest umgebende Kohle ließ keine Schlüsse auf irgend benachbarte Gewebearten zu. Nur feine Kohlepartikelchen, die zwischen den dichtgelagerten Tracheiden bei der Mazeration sichtbar wurden, ließen auf verkohltes parenchymatisches Gewebe schließen. So wurde die Aufmerksamkeit auf jene Pflanzen gelenkt, deren Holzkörper neben parenchymatischen Zellen nur aus Tracheiden besteht. Hierher gehören die Pteridophytae, Cycadales, Ginkgoales, Coniferae und die drei Genera der Angiospermae: Drimys, Trochodendron und Tetracentron. Die Tracheiden dieser gefäßlosen Pflanzen genau zu untersuchen und mit dem vorliegenden paläobotanischen Fund zu vergleichen, soll nun in der Folge die Aufgabe dieser Arbeit sein.

IV. Vergleichende Untersuchungen.

A) Rezente Tracheiden.

1. Der Pteridophyten.

a) Filicales. Die an Spezies so überaus reichhaltige Familie der Filicales zeigt eine weitgehende anatomische Uebereinstimmung der Tracheiden. Ueberall finden sich Treppentracheiden, die „leiterförmig verdickt, spaltenförmig behöft getüpfelt“[42]), S. 443, sind, wie es in Abb. 1 wiedergegeben ist. Teilweise treten auch schraubenförmige Verdickungen auf (l. c., S. 444). Die Tüpfel bedecken sowohl die Radial- als auch die Tangentialwände und sind mit einem Hof umgeben, dessen Breite ungefähr der Weite des Tüpfelkanales gleichkommt. Der Spalt ist senkrecht zur Längsachse der Tracheiden gelagert und mit einer Schließhaut versehen. Nur bei ganz wenigen Ausnahmen, wie bei Pteris aquilina, fehlen nach Angaben de Barys[2]), S. 170, die Schließhäute teilweise, und es kommt zu Durchbrechungen der Terminalwände. Es findet sich also hier ein Uebergang zu Gefäßen, was bei den Gefäßkryptogamen nur sehr selten bekannt ist.

b) Equisetales. Die Tracheiden der Schachtelhalmgewächse sind netz- oder ringförmig verdickt und ungetüpfelt. Auch sollen sich außerdem nach Schacht[36]), S. 317, keine leiterförmigen Verdickungen finden. Da nur Equisetum hiemale L. zur Untersuchung zur Verfügung stand und die Monographien über Equisetales[5]) und die anderen Abhandlungen über Gefäßkryptogamen die Frage nach der Tüpfelung, nicht entgegen den Feststellungen von Schacht, behandeln, ist anzunehmen, daß das Resultat meiner Untersuchung für alle Schachtelhalme zutrifft.

c) Lycopodales. Bei den Bärlappgewächsen finden sich ähnliche Verhältnisse wie bei den Farnen. Alle Seitenwände, sowie die Terminalwände sind treppenförmig verdickt. Sie tragen senkrecht zur Längsachse gerichtete behöfte Tüpfel, die mit Schließhaut versehen sind[42]) (l. c., S. 459).

2. Tracheiden der Cycadales.

Untersucht wurden:

Zamia integrifolia, Rich.,
Ceratozamia mexicana, Brongn.,
Macrozamia Denisonii, Moore et Muell.,
Dioon edule, Lindl.,
Cycas revoluta, L.,
Encephalartos villosa, Lehm.

Die Tracheiden aller dieser Spezies zeigen beträchtliche Wandstärke und haben Tüpfel mit rundem Hof und schrägem Spalt, wie aus Abb. 2 u. 3 hervorgeht. Die Tüpfel sind dort, wo die Tracheiden an Markstrahlen angrenzen, kleiner, aber auch behöft, was schon Mohl[24]), S. 12, für Zamia latifolia und Cycas in seiner Schrift über den Bau des Cycadeenstammes angibt. Teils sind die Tüpfel in Reihen angeordnet, teils liegen sie verstreut. Die Spalten benachbarter Tüpfel sind zuweilen miteinander zu einem Kanal vereinigt. Die Höfe verschmelzen dann ebenfalls zu einem, wie dies aus Abb. 2 u. 3 ersichtlich wird. So entsteht der von Mohl, l. c., S. 13 u. 14, angeführte Uebergang zu den Treppengängen und abrollbaren Spiralen. Diese schrauben- und treppenförmig verdickten Tracheiden finden sich an dem Innenrand des innersten Bündelringes. Diese Beobachtungen stimmen für alle sechs untersuchten Arten überein. Für Stangeria geht aus Mettenius' Beiträgen zur Anatomie der Cycadeen[21]) hervor, daß der Verfasser hier dieselben Verhältnisse vorfand. Scott[37]) ergänzt S. 404 Mettenius' Angaben durch Untersuchungen einzelner Organe und gibt ebenfalls Uebereinstimmung der Cycadeentracheiden an: „The comparision of the structures from the peduncle of Stangeria and from the carpel of cycas can leave no doubt, that the internal tracheides are really homologous with the well-known centripetal xylem of the foliar bundles of Cycadaceae.“ Er nennt sie später getüpfelte Spiraltracheiden. Für Bowenia spectabilis, Hook geben Scott[37]), S. 404, Worsdell[48]), S. 160, und Pearson[27]), S. 475, die „normal structure“ der Holzelemente der Familie an. Für die bisher ungenannte Art Microcycas habe ich in der Literatur keine gegenteiligen Angaben gefunden.

3. Tracheiden der Ginkgoales.

Untersucht wurde:

Ginkgo biloba, L. (syn. Salisburya adiantifolia, Salisb.).

Die Tüpfelung der Ginkogotracheiden bildet einen Uebergang zu der der Coniferae. Die Tüpfel sind zwar nicht in der Anzahl wie bei den Cycadales vorhanden, doch liegen sie auch hier teils in Reihen, teils verstreut. Die Untersuchungen ergaben im Gegensatz zu später auszuführenden anderen Beobachtungen stets nur eine oder zwei Reihen (vgl. Abb. 4 u. 5). Die Tüpfel sind oval bis rund behöft, mit rundem oder schrägem Spalt. Mitunter sind zwei Tüpfel zu einem Kanaltüpfel vereinigt, wie Abb. 4 zeigt. Bei der Angrenzung an die Markstrahlen ist einseitige Behöfung beobachtet worden.

Die Literaturangaben über die Tracheiden und deren Tüpfel bei Ginkgo weichen sehr stark untereinander ab. Während Mohl, l. c., S. 15, nur von einer Art Tüpfel mit querem Spalt mit Hof spricht, greift Dippel[4]), S. 170 f., die von Mohl oben erwähnten Uebergangsformen der Tracheiden auf und beschreibt sie für Ginkgo vom Spiralgefäß ausgehend (Gefäß ist hier identisch mit Tracheide) über den Treppengang zum gewöhnlich getüpfelten Gefäß. Für die Spiral- und Netztracheiden beschreibt er horizontale oder wenig geneigte große Tüpfel. In den Treppentracheiden kennt er verschiedene Tüpfel, die erst einzeln, dann zu zweit mit Doppelhof auftreten. Die übrigen Tracheiden haben zwei Reihen Tüpfel mit rundem Hof und schrägem Spalt. Beide Autoren berühren die Frage nach der Tüpfelung bei Angrenzung an die Markstrahlen nicht. Hier stehen sich die Ansichten von Möller, Nakamura, Kanehira und Seward-Gowan gegenüber. Möller[23]) gibt S. 315 für die Tracheiden gewöhnlich behöfte Tüpfelung an, „da, wo sie eine Markstrahlzelle kreuzen, sind sie mit zahlreichen, langgestreckten, gleichsinnig geneigten Spalten durchsetzt". Diese Spalten gehören nach seiner Darstellung nur den Tracheiden an. Nakamura[26]) dagegen spricht S. 26 von zwei bis sechs scheinbar behöften Markstrahltüpfeln in einer Zelle. Kanehira[16]), S. 77 ff., erweitert diese Ansicht durch die Angaben: „in early wood with 2—5 elliptic and slanting semi-bordered pits in each crossfield, in late wood with 1 or 2 linear and slanting pits". Und Seward-Gowan[38]) endlich nehmen in den Markstrahlzellen nur „simple oblique pits" an, doch fügen sie hinzu „in some cases these appear to be bordered", S. 132 ff. Bei den eigenen Beobachtungen konnte der Verfasser die scheinbare Behöfung nicht feststellen. Für den Sitz der Tüpfel gibt Nakamura sowie Kanehira nur die Radialwände an, während der Verfasser hier mit Seward-Gowan übereinstimmt, die für Kurz- und Langtriebe nicht nur Tüpfel auf den Radialwänden, sondern auch „single rows of pits, fairly abundant on the tangential walls" angeben; und für ältere Zweige sagen: „in the autumn wood bordered pits are abundant on the tangential walls". Es wurden in zweijährigem Holz im Früh- und Spätholz die Tüpfel meist auf den Radial-, vereinzelt auch auf den Tangentialwänden festgestellt.

4. Tracheiden der Koniferen.

Untersucht wurden die Taxaceen:

Saxegothea conspicua, Lindl.,
Podocarpus Koreana, Sieb.,
Dacrydium Bidwillii, Hook,
Phyllocladus alpinus, Hook.,
Cephalotaxus drupacea, Sieb.-Zucc.,
Torreya taxifolia, Arnott,
Taxus baccata, L.;

die Cupressaceen:

Callitris commersonii, Brongn.,
Thuja occidentalis, L.,
Cupressus horizontale,
Chamaecyparis Lawsonia, Spach.,
Juniperus virginiana, L.;

die Taxoideen:

Sciadopitys verticellata, Sieb.-Zucc.,
Cunninghamia sinense, R. Br.,
Sequoia gigantea, Roxb.,
Cryptomeria elegans, Don.,
Taxodium spec., Rich.;

die Araucarien:

Agathis dammara, Rich.,
Araucaria imbricata, Pav.,
Araucaria brasiliana, Lamb.,
Araucaria excelsa, R. Br.;

die Pinaceen:

Pinus Strobus, L.,
Cedrus atlantica, Manetti,
Larix europaea, D. C.,
Pseudolarix Kaempferi, Gord.,
Abies Nordmanniana, Link.,
Pseudotsuga Douglasi, Carr.,
Picea excelsa, Lam.

Die vom Verfasser gemachten Beobachtungen decken sich vollauf mit den ihm inzwischen bekanntgewordenen Darstellungen von Eckhold[49]). Eine genaue Ausführung ist daher unnötig mit Hinweis auf die Eckholdsche Arbeit. Es genügt das in dieser Arbeit ausgebaute Schema über die Tüpfelung

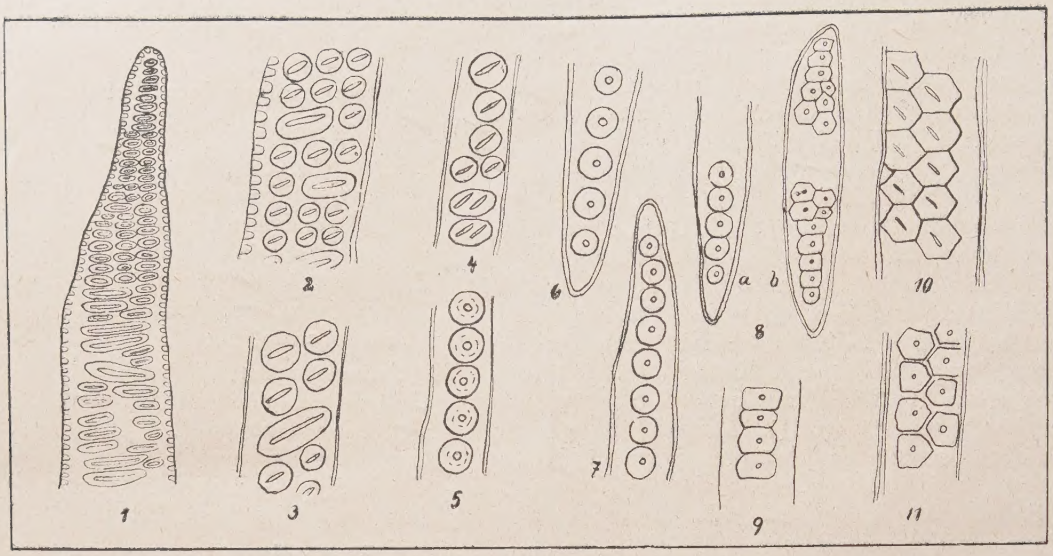
I. bei Angrenzung von Tracheide an Tracheide,

II. bei Angrenzung von Tracheide an Markstrahl, wobei für beide Fälle zu beachten ist:

a) araukarioïde (= polygonale) Tüpfelform,
b) abietoïde (= runde) Tüpfelform.

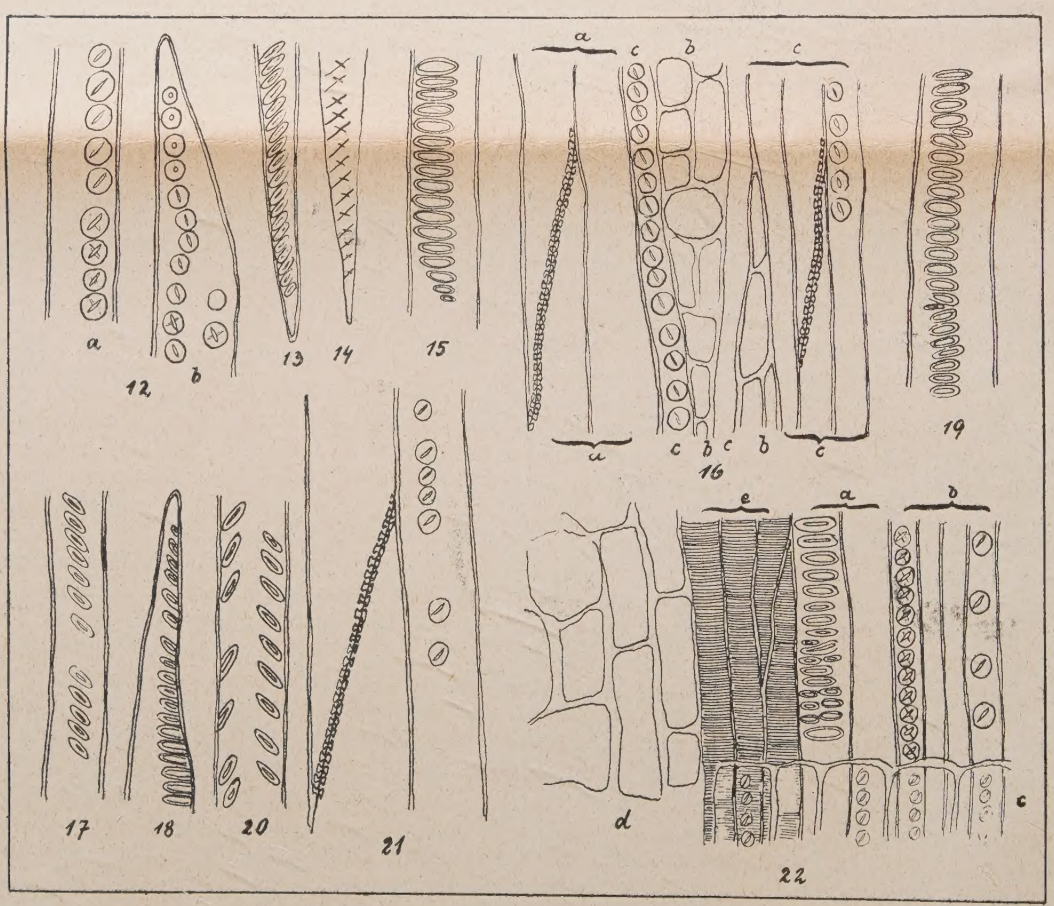
Es ergibt sich daraus für Ia alternierende Stellung der polygonal behöften Tüpfel in bis höchstens drei Reihen auf radialer, selten auf tangentialer Wand (Abb. 8—11), für IIa behöfte Kreuzungsfeldtüpfel in zwei Reihen auf der tangentialen Wand, für Ib opponierte Stellung — falls benachbarte Tüpfel vorhanden sind —

Tafel I.



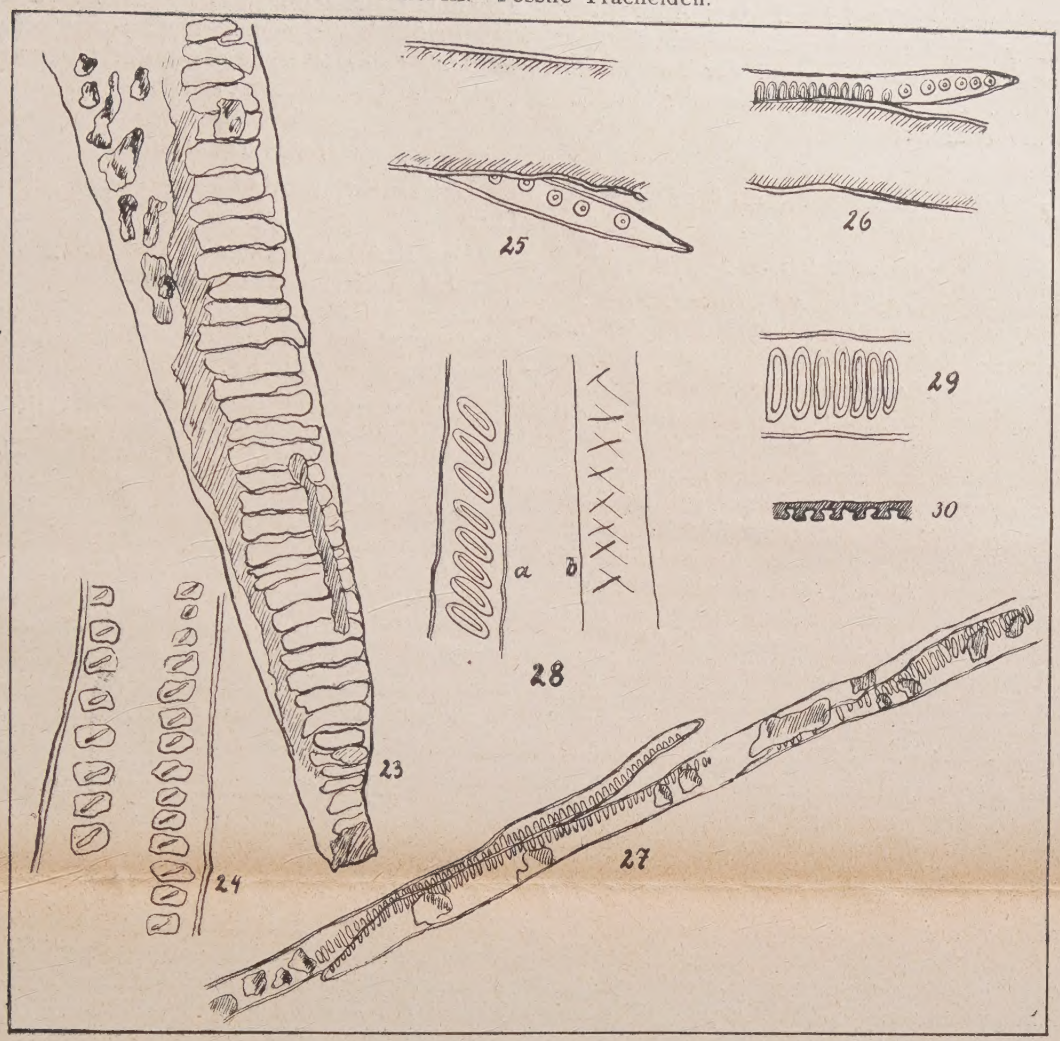
Kryptogamen und Gymnospermen.

Tafel II.



Angiospermen.

Tafel III. Fossile Tracheiden.



Erklärungen zu den Tafeln.

Tafel I.

Abb. 1. Allseitig getüpfelte Tracheide eines Baumfarnes — Pteridophyter Typus. — Abb. 2 u. 3. Cycadoider Typus: Abb. 2 von Ceratozamia mexicana; Abb. 3 von Cycas revoluta. — Abb. 4 u. 5. Ginkgo-Typus von Ginkgo biloba; Abb. 4 mit Längs-, Abb. 5 mit Rundspalte. — Abb. 6—11. Koniferer Typus: Abb. 6—7 Abiktineentypus; Abb. 6 von Pinus Strobus, typisch rezent; Abb. 7 von Taxodium spec., typisch fossil; Abb. 8—11. Araukarioider Typus: Abb. 8 von Araucaria excelsa rezent; Abb. 9 von Araucarioxylon nach Kraus aus Gothan[9]); Abb. 10 von Dadaoxylon nach Gothan[10], S. 24; Abb. 11 nach Gothan[11]), Seite 19.

Tafel II.

Abb. 12. Tracheiden von Drimys Winteri; bei b der runde Spalt am Ende. — Abb. 13—16. Trochodendron aralioides: Abb. 13, Tracheide des Spätholzes mit schrägem Tüpfel; Abb. 14, Schemabild zu Abb. 13 mit Tüpfelung der Gegenwand; Abb. 15, Tracheide des Frühholzes mit Horizontaltüpfeln; Abb. 16, Tangentialschnitt, a Frühholz, b Markstrahlen, c Spätholz mit rundbehöften Tüpfeln. — Abb. 17—22. Tetracentron sinensis: Abb. 17, 18 u. 20, Tracheiden des Spätholzes mit schrägem Tüpfel; Abb. 19, Tracheiden des Frühholzes mit Horizontaltüpfel; Abb. 21, Tangentialschnitt; Abb. 22, Radialschnitt, a Frühholz, b Spätholz, c Markstrahlen, d Mark, e Spiraltracheiden.

Tafel III.

Abb. 23a, b. Typisches Bild einer stark zerstörten Tracheide mit abgebrochenem Ende, die schraffierten Stellen bedeuten die Zerstörung. Abb. 24. Seltene Tüpfelform mit fast polygonalem Hof und schrägem Spalt. — Abb. 25 u. 26. Freiliegende Enden mit rundbehöften Tüpfeln. — Abb. 27. Drei hintereinander liegende Zellen im Verband; a abgebrochenes, b intaktes Ende. — Abb. 28a. Schmale Tracheide mit schrägen Tüpfeln. — Abb. 28b. Schemabild dazu mit Tüpfelung der Gegenwand. — Abb. 29. Breite Tracheide mit Horizontaltüpfeln (Mikrotomschnitt). — Abb. 30. Mikrotomschnitt durch die Membran mit ausgesparten Hoftüpfeln.

der rund behöften Tüpfel bei loser Anordnung auf radialer Wand, im Spätholz zuweilen schräger Spalt und Anordnung teils auf der Tangentialwand (Abb. 6 u 7), für IIb einseitig behöfte Tüpfel auf dem Kreuzungsfeld.

5. Tracheiden von gefäßlosen Angiospermae.

a) von Drimys.

Untersucht wurde Drimys Winteri, Forst.

Die Tracheiden tragen behöfte Tüpfel mit schrägem Spalt (Abb. 12a), wie etwa bei Araucaria, jedoch ist der Hof immer rund. Auch der Spalt wird zuweilen an den Enden der Tracheiden rund (Abb. 12b). Die Tüpfel sind in einer Einzelreihe angeordnet und sehr zahlreich. Groppler[12]) hat einmal bis 85 übereinander gezählt. Er stellt fünf Modifikationen der Tracheiden auf, die aber für diese Arbeit weniger wesentlich sind, da es sich nicht um Jahreszeitenmodifikationen handelt wie bei den Koniferen. Groppler ergänzte die Angaben durch Untersuchungen an Drimys chilensis, wo er keine Tracheiden mit breiten Treppentüpfeln beobachten konnte und den Spalt der Hoftüpfel sehr schräg, teils fast senkrecht fand. Solereder[40]) machte an Drimys axillaris, Forst, und Drimys granatensis, L., dieselben Beobachtungen wie der Verfasser an Drimys Winteri, Forst. Ueber die Anordnung der Tüpfel auch auf der Tangentialwand spricht bereits Eichler[7]) als wesentlichen Unterschied gegen die Koniferen. Da aber, wie oben angedeutet, bei einigen Koniferen inzwischen auch Tangentialtüpfel gefunden sind, behält Göppert[8]) darin recht mit der Koniferenähnlichkeit des Stammes, als er als erster die Entdeckung der Gefäßlosigkeit machte.

b) Von Trochodendron.

Untersucht wurde Trochodendron aralioides, Sieb.-Zucc.

Die Tracheiden sind im allgemeinen treppenhofgetüpfelt, doch finden sich auch verstreut liegende behöfte Tüpfel. Die Form der Treppenhoftüpfel ist länglich oval, der Spalt liegt in den weiten Frühjahrstracheiden meist senkrecht zur Längsachse (Abb. 15), im Herbstholz schief. Der Hof ist breiter als der Spalt, im Spätholz ist er zuweilen rund (Abb. 13, 14 u. 16). Daß es sich bei dieser von Eichler[7]) zuerst als gefäßlos beschriebenen Art, sowie bei Drimys um echte Tracheiden mit echten Tüpfeln handelt, bewies Groppler[12]) experimentell durch Injektion chinesischer Tusche mittels einer $3^1/_2$ m hohen Wassersäule. Die Darstellung von Harms[14]), die dieser fast genau wie für Tetracentron (vgl. 5c) gibt, doch ohne Angabe über Breite des Hofes, und dem Zusatz, daß das Frühholz meist radial, das Spätholz auch tangential getüpfelt sei, muß nach dahin erweitert werden, daß das Spätholz meist tangential getüpfelt ist (vgl. Abb. 16).

c) Von Tetracentron.

Untersucht wurde Tetracentron ulmioides, Oliv.

Das Resultat deckt sich fast völlig mit dem von Harms[14]), der diese Art zu den beiden anderen gefäßlosen Angiospermen stellt und folgendermaßen beschreibt: „Frühjahrsholz dünnwandig und weitlumig. Tüpfel dichtstehend, quergestellt, länglich, mit länglichem Hof (vgl. Abb. 19 u. 22) (Treppenhoftüpfel, Hof nur wenig breiter als die Oeffnungsweite des Tüpfels), die des Herbstholzes dickwandig, englumig, Tüpfel schief zur Längsrichtung, länglich oder linealspaltenförmig mit elliptischem oder rundem Hof (Abb. 17, 18 u. 20), Tüpfelung fast ausschließlich auf den Radialwänden (Abb. 21, 22). Spiraltracheiden im primären Holz“ (Abb. 22). Die Breite des Hofes wurde vom Verfasser in den meisten Fällen gleich oder kleiner als die Weite des Kanales beobachtet.

B) Die fossilen Tracheiden.

1. Aeußerer Befund.

Wenn im Laufe der Arbeit bisher von Tracheiden gesprochen wurde, so geschah die Vorwegnahme des Resultates zum besseren Verständnis der gewählten rezenten Vergleichsobjekte. Aeußerlich läßt der Fund in keiner Weise auf seine Eigenart schließen. Der von den Bergleuten für das Stück gewählte Ausdruck „verwitterte Bastmatte“ liefert den besten Vergleich. Wie eine alte verwitterte Matte aus dünnen Bastfasern lag das Stück gleichsam lose über der feuchten Kohle. Berühren durfte man es nicht, sonst hatte man kleine Bruchstücke in der Hand, die sich zwischen den Fingern ohne jeden Druck zerpulvern ließen. In der Streichholzflamme verbrannten die Bruchstücke mit gelbem bis schwach rotem Licht und hinterließen einen deutlichen Gummigeruch, der bereits durch Verbrennen der Retinite bekannt war, die in dem ganzen Tagebau verstreut aufgefunden worden sind. In Wasser blieben die Bruchstücke ungeändert. Beim Austrocknen nahmen sie schlammiggraue Gestalt und Farbe an. Da die einzelnen Fasern makroskopisch in keiner Weise zu identifizieren waren mit irgendwelchen Pflanzenteilen, entstand die Frage nach mikroskopischer Untersuchung. Im Urzustand waren sie wegen ihrer völligen Undurchsichtigkeit hierfür nicht geeignet, und es handelte sich zunächst darum, Aufhellungsmethoden zu finden.

2. Die Untersuchungsmethoden.

a) Aufhellungsversuche.

Zuerst wurden die in Potonié-Gothans[29]) Paläobotanischem Praktikum, S. 57 ff., angegebenen Methoden ausgeführt, die später durch andere ergänzt wurden, so daß sich folgende Versuchsreihe ergab:

1. Das Schulzesche Reagenz ($KClO_3 + HNO_3$ konz.),
2. Chromsäurereagenz ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2O$),
3. Eau de Javelle,
4. rauchende Salpetersäure,
5. Ammoniak.

6. Miß Reidsches Reagenz (Aufkochen in wasserfreier Soda),
7. Schmidtsches Reagenz (Chlordioxyd-essigsäure-Diaphanol).

8. Aether,
9. Chloroform.

Die Anordnung der Versuche geschah so, daß in die ersten fünf Reagenzien je ein paar kleine Stücke eingelegt wurden, von denen der eine Teil nach 20 Stunden, der andere nach 40 Stunden in Wasser übergeführt wurde. Nach reichlichem Auswaschen ergab sich:

1. Für das Schulzesche Reagenz: In demselben Maße, wie die Kohlepartikelchen aufgelöst wurden, wurden auch die Zellwände resorbiert. Nach 20 Stunden waren die Zellwände bereits teilweise durchsichtig, aber es war ein Teil der Membran zerstört. Nach 40 Stunden waren alle Kohle- und Inhaltsstoffe aus und von den Zellen gelöst, aber die Zellwände selbst waren auch nur noch als kleine Bruchstücke bzw. als dünne Schichten zurückgeblieben.

Spätere Versuche, andere Einwirkungszeiten auszuproben, blieben ebenfalls erfolglos. — Die nach Gümbel abgewandelte Schulzesche Methode — d. h. ohne NH_3 — änderte das Resultat nicht wesentlich.

2. Für Chromsäure: Nach 20 Stunden war noch kaum eine Veränderung zu beobachten. Nach 40 Stunden dagegen war zwar viel Kohle gelöst, aber die Zellen blieben fast undurchsichtig infolge gelber bis gelbbrauner Einschlüsse, die offenbar von eingedrungenem Gummiharz stammten, da die der Flamme ausgesetzten Teile noch immer Gummigeruch verbreiteten.

Längere Einwirkungszeiten ergaben bei späteren Versuchen denselben Erfolg wie das Schulzesche Reagenz, d. h. ein Zerfallen der Zellen.

3. Für Eau de Javelle: Schon nach 20 Stunden waren die Stücke aufgestellt und bis auf Einschlüsse der Zellen entfärbt. Die Zellenstruktur wurde deutlich, und auch eine treppenartige Anordnung von Tüpfeln oder Poren ließ sich erkennen an Stellen, wo die Einschlüsse weniger dicht gelagert waren. Nach 40 Stunden war die Durchsichtigkeit um wenig mehr gebessert, aber die Brüchigkeit des Materials war erheblich vergrößert worden.

Nach achttägigem Einwirken konnten nur ganz kleine Teilchen mit der Pipette überführt werden, so daß kein vollständiges Bild zu erlangen war.

4. Für rauchende Salpetersäure: Nach 20 Stunden zeigte sich eine totale Gelbfärbung der Membran, während die Einschlüsse tiefdunkelbraune Farbe angenommen hatten. Das gesamte Material war völlig undurchsichtig geworden. Nach 40 Stunden war alles zu Staub zerfallen.

5. Für Ammoniak: Nach 20 Stunden schien sich eine Aufhellung vorzubereiten, nach 40 Stunden jedoch war keinerlei weitere Aenderung festzustellen. Selbst tagelanges Einwirken ergab kein anderes Resultat.

6. Für das Miß Reidsche Reagenz[31]): Das Aufkochen in wasserfreier Soda erwies sich als völlig unbrauchbar für dieses spröde Material, das sofort vollkommen zerfiel.

7. Für das Schmidtsche Reagenz: Nach 3 Stunden war bereits eine Dunkelgelbfärbung des Diaphanols zu beobachten, die auf die Auflösung der Kohle deutete. Nach weiteren fünf Stunden war das Material geschmeidig wie rezente Gefäßstränge und für mikroskopische Untersuchungen einigermaßen brauchbar. Nach 24 Stunden trat wieder Brüchigkeit ein. Durch Ueberführen des Materials in Ammoniak (vgl. Potonié[30]), Heft 4, S. 54), nachdem es vorher 8 Stunden lang der Einwirkung von Diaphanol ausgesetzt gewesen war, wurde die Durchsichtigkeit erheblich verbessert.

Bei allen hier aufgeführten Methoden ergab sich, daß in den Zellen — soweit das Material noch zellige Struktur bewahrt hatte — Einschlüsse zurückblieben, die nicht zu entfernen waren und die Durchsichtigkeit beeinträchtigten. Ein Verbrennen der behandelten Zellen ließ an dem oben erwähnten Gummigeruch erkennen, daß noch Gummiharz enthalten war. Inwieweit dieses indessen den Zellwänden zukommt, konnte nicht festgestellt werden, da wegen der begrenzten Menge des Materials alle Versuche mit möglichst wenig Fasern angestellt werden mußten. Jedoch glaubte ich schon damals, was auch Potonié (l. c., S. 56) mitteilt, daß die noch hellgelb gefärbten Wandteile mit Harz imprägniert seien, und behandelte die aufgehellten Zellen mit Alkohol (94 %), Benzin, Aether, Xylol und Chloroform. Jedoch blieben diese Versuche ergebnislos. Selbst als ich nach einem Dreivierteljahr die stehengebliebenen Vor-

suchsobjekte abermals prüfte, konnte ich noch keinerlei Einwirkung der Reagenzien auf die Gelbfärbung entdecken. Parallelversuche mit kleinen Retinitstückchen ergaben für Aether sehr bald, für Chloroform allmählich eine Teilauflösung unter Zurückbleiben einer unlöslichen gallertartigen Masse, die noch schwach Gummigeruch verbreitete beim Verbrennen. — Ein Nachversuch mit Chloralhydrat nach Molisch[25]) blieb ebenfalls ohne Erfolg.

Das Uebergehen des Retinits in gallertartige Masse erklärte dann auch sehr schnell die Erscheinung, daß die Zellen, die mit Chloroform — mit Aether weniger — behandelt worden waren, die Elastizität rezenter Holzzellen zeigten, und daß ein einzelner Zellstrang, wie er zuvor als Faser angesprochen war, nicht aus dem Medium herauszunehmen war, ohne nicht die anderen mitzubekommen, die wie angeklebt daran hingen. — Die ähnliche Erscheinung in weniger ausgedehntem Maße machte sich auch im Schmidtschen Reagenz bemerkbar, ohne daß indessen das Diaphanol auf einzelne Retinitstücke gleichwertig wirkte. Alkohol, Benzin und Xylol zeitigten auch keine Lösung der fossilen Harze.

Der Umstand, daß die Zellen in Chloroform geschmeidig werden, veranlaßte, die bisher gescheiterten Versuche, die Zellen mikrotomisch zu behandeln, wieder aufzunehmen, indem sie nun nicht mit Xylol und absolutem Alkohol, sondern mit Chloroform und absolutem Alkohol behandelt wurden, ein Versuch, der indessen wenig erhoffen ließ, da an den ungeschnittenen Zellen bereits zu konstatieren war, daß sie beim Ueberführen in Wasser oder andere Flüssigkeit sehr schnell wieder die bekannte Brüchigkeit erlangten.

b) Mikroskopische Untersuchungen.

Durch mikrotomische Behandlung sollte erreicht werden, die gegenseitige Lage der Zellen in der Querrichtung zueinander festzustellen, was bisher nicht möglich gewesen war, da jedes Aufhellungsmittel und auch Wasser einen sofortigen Zerfall in einzelne Stränge von nur längs zusammenhängenden Zellen verursachte. Ferner sollte die Verbindung zweier Zellen in der Längsrichtung eingehender ergründet und die Beschaffenheit der Zellwand studiert werden. Wie sich aber sehr bald herausstellte, zerfiel das Material, das seine alte Sprödigkeit wieder erlangt hatte, unter dem Messer fast völlig zu Staub. Selbst, wenn vor jedem Schneiden die Schnittfläche mit Chloroform betupft wurde, oder das eingebettete Stück in Chloroform gelegt wurde, konnte die Sprödigkeit nicht überwunden werden. Ebenso versagten die umgekehrten Versuche, zusammenhängende Stücke erst einzubetten, dann anzuschneiden und nun aufzuhellen. Die ganz geringen Resultate werden dem folgenden Abschnitt mit einbezogen werden, denn im ganzen blieben die anatomischen Behandlungen erfolglos, und die mikroskopischen Untersuchungen müssen auf die morphologischen Ergebnisse beschränkt bleiben.

Diesen schicke ich die Färbungsversuche voraus. Die angestellten Versuche für Holz- und Zellulosefärbung zeitigten in keiner Weise das gewünschte Resultat. Die Ergebnislosigkeit für solche Versuche fand ich ebenfalls bei Potonié (l. c., S. 56) bestätigt.

Für Harz fand ich für die von Molisch, a. a. O., S. 167 ff., angegebenen Reaktionen keine brauchbaren Farbresultate für dieses Retinit. Die Tschirchsche Alkanninreaktion, die nach kurzer Zeit einsetzte und die in Eau de Javelle aufgehellten Zellwände rosa bis rot färbte, ließe also auf Harz schließen. — Nähere Angaben über Beobachtungen an diesem so gefärbten Material folgen im nächsten Abschnitt. — Die Hansteinsche Rosanilinreaktion bewirkte nach ebenso kurzer Zeit eine kirschrote bis violette Färbung und zeigte also Gummi oder Schleim an, während die Harzreaktion — die Blaufärbung — ausblieb. Dem unverkennbaren Gummigeruch nach könnte es also als wahrscheinlich gelten, daß die Hansteinsche Methode für Gumminachweis ausschlaggebend sei. Da nun Tunmann die Hansteinsche Harzreaktion für unsicher und nur in seltenen Fällen beobachtbar hält, außerdem die Alkanninreaktion die Anwesenheit von Harz bejahte, ist es hier nicht ausgeschlossen, daß es sich um ein Gummiharz handelt. — Da die rezenten Harze, Gummi und Schleim nicht einmal in ihrer Natur und Reaktionsfähigkeit vollauf bekannt sind, ist ein Analogieschluß von fossilen auf rezente natürlich bis zu einem gewissen Grade unsicher, und wir wenden uns im folgenden den rein morphologischen mikroskopischen Ergebnissen zu.

Aus ihnen ergab sich zuerst, daß die als Fasern bezeichneten Zellstränge aus einzelnen langgestreckten Zellen von tracheidalem Charakter bestehen. Es wurden breite und schmale Zellstränge beobachtet. Beide Arten von Zellen sind in der Mitte am breitesten und verjüngen sich nach beiden Enden zu ganz allmählich, um plötzlich deutlich sichtbar in langgezogene Spitzen auszulaufen. Eckige Hervorragungen und seitliche Auswüchse in der Längsrichtung sind ebensowenig beobachtet worden wie quer abgestutzte Enden. Wo letzteres auf den ersten Blick vorhanden zu sein scheint, wie z. B. bei der Abb. 27 a, handelt es sich um abgebrochene Enden, wie das aus genaueren Untersuchungen hervorgeht. Die Enden der Zellen lagern sich libriformartig aneinander und sind an diesen Stellen mit behöften Tüpfeln besetzt (Abb. 27).

Die Tüpfel der breiten Zellen haben flach elliptische Form mit breitem Hof, der nur selten gut sichtbar ist und die Breite des Spaltes stets übertrifft (Abb. 23 u. 29). In wenigen Fällen — meist in den schmalen Zellen — sind kreisrunde Tüpfel mit rundem Spalt beobachtet worden, und zwar vornehmlich an den lang ausgezogenen Enden, die jedoch größtenteils entweder abgebrochen sind, oder die durch Mangel an Durchsichtigkeit des Materials unter der Nachbarzelle versteckt liegen (Abb. 25, 26 und 27). In Fällen, wo die Zellen so zu sehen sind, daß das Profil der Anlagerungsstellen deutlich wird, ist wiederum die genaue Gestalt des Tüpfels nicht zu identifizieren. Es läßt sich also über die Häufigkeit runder Tüpfel nur aussagen, daß sie in einem Fall an der äußersten Spitze beobachtet wurden (Abb. 26), im anderen Falle ohne gleichzeitige Gegenwart elliptischer Tüpfel in geringer Anzahl auf der gesamten Anlagerungsfläche (Abb. 25). Endlich sind — und zwar in den schmalen Zellen — auch Tüpfel beobachtet mit schrägem Spalt und schrägem Hof (Abb. 28) oder schrägem Spalt und querem Hof (Abb. 24), der ellipsoidähnlich abgeplattet ist und der darauf schließen läßt, daß hier im lebenden Zustand ein runder Hof vorhanden war. — Die Anordnung der Tüpfel wurde meist in Längsreihen gefunden, selten verstreut, wobei kleine Modifikationen auftraten, so daß ein Tüpfel von der halben Länge der benachbarten sich von einer Seite aus einschob und dadurch die vorherrschende Senkrechtstellung der Tüpfel zur Längsachse etwas verschob. In den seltensten Fällen erschien die Längsreihe geradlinig, meist war sie schlangenlinig gewunden. Diese Erscheinung ist aller Wahrscheinlichkeit nach ein Produkt der Inkohlung. Die Zahl der Tüpfel in einer Längsreihe schwankte in den daraufhin untersuchten Tracheiden zwischen 17 und 63. Die Tüpfel stehen so gedrängt, daß nur eine schmale Leiste die benachbarten Höfe voneinander trennt.

Ueber das Vorhandensein oder Fehlen von Tüpfeln, die mit Markstrahlen die Querverbindung herstellen, läßt sich nichts Positives sagen, da die Tracheiden an allen den Stellen, wo sie nicht in der Längsrichtung an benachbarte grenzen, viele zerstörte Stellen in der Membran aufweisen. Inwieweit hier eventuell Tüpfel einsetzender Zerstörung Vorschub geleistet haben können, ist auch nicht mit Sicherheit festzustellen, da wir in dem untersuchten Material keine Anhaltspunkte dafür haben, ob richtige Tüpfel oder Eiporen vorhanden und in welcher Entfernung voneinander sie gelagert waren.

Sichergestellt ist aber die Tatsache, daß die als Tüpfel bisher bezeichneten Stellen wirklich echte Tüpfel, und zwar Hoftüpfel sind, und wir es also auch hier mit echten Tracheiden zu tun haben. Die Beweise dafür zu erbringen, helfen uns nun einmal die wenigen brauchbaren Mikrotomschnitte und die Färbungsversuche mit Alkannin. An den Mikrotomlängsschnitten wurden zuerst deutlich sichtbare Höfe wahrgenommen (Abb. 29), die dann später bei genauer Nachprüfung ganzer Zellen auch dort gesehen wurden, wo die Aufhellungsflüssigkeiten bis zur Durchsichtigkeit des Objektes gewirkt hatten. Ferner aber — und das spricht viel deutlicher für das Vorhandensein behöfter Tüpfel mit Schließhaut — wurden Bruchstücke gefunden, die zwei benachbarten Zellen angehörten, und die unverkennbar den Querschnitt einer beiderseits behöften getüpfelten Membran aufwiesen (Abb. 30). Hier war auch deutlich sichtbar, daß die Membran intakt geblieben ist, d. h. die Tüpfel mit Schließhaut versehen sind.

Der Beweis durch die Färbemethode wurde dadurch erbracht, daß das Eindringen des Alkannins in die Tracheiden beobachtet wurde. Dabei ergab sich folgendes: Kurze Bruchstücke, die beiderseits offen waren, waren im Augenblick erfüllt von Alkannin. Bei abgebrochenen Enden mit getüpfelter, aber unversehrter Membran drang der Farbstoff nur ganz allmählich von der Bruchfläche aus ein. Der Rand der Bruchfläche und harzige Einschlüsse am Rande färbten sich lebhafter als die Stellen, bis zu denen das Alkannin vordrang. Bei ganzen Tracheiden, die verschiedene Löcher in der Membran aufwiesen, deren Enden aber intakt waren, drang der Farbstoff durch die Löcher ein, färbte die Ränder und Einschlüsse intensiv und blieb schließlich an irgendeiner Stelle stehen, wo Einschlüsse den Durchtritt versagten. In solchen Fällen blieben die Enden tagelang farblos, bis endlich der Farbstoff von außen her die Membran tingierte. Auffällig war dabei, daß die Tüpfel am hellsten blieben. Auch die Ränder färbten sich nicht wie die der Bruchstellen und Löcher dunkler. Kam solch ein Fall wirklich einmal vor, so war eben hier die Schließhaut des Tüpfels zerstört. In den weitaus meisten Fällen aber war offensichtlich keine Perforation der Membran vorhanden. Es ergibt sich also daraus unverkennbar, daß echte Tüpfelung vorliegt, und daß wir es hier mit Tracheiden zu tun haben. — Zu bemerken ist noch, daß die Färbemethode am günstigsten angewendet wird für Material, das in Eau de Javelle aufgestellt wurde. Diaphanol macht die Membran aufnahmefähiger und die Färbung schreitet so schnell fort, daß die Membranfärbung von außen das langsame Vordringen der Farblösung in das Innere sofort übertönt und unsichtbar macht.

Anschließend daran sei endlich noch erwähnt, daß aus den Mikrotomschnitten hervorging, daß die Membran von beträchtlicher Dicke

	Anordnung der Tüpfel		Gestalt der Tüpfel	
	Ort	Art	Hof	Spalt
Filicales	allseitig	in Reihen und verstreut	oval	senkrecht zur Längsachse
Equisetales	—	—	—	—
Lycopodiales . . .	allseitig	in Reihen und verstreut	oval	senkrecht zur Längsachse
Cycadales	allseitig	in Reihen und verstreut	rund, selten oval	schräg zur Längsachse
Ginkgoales	tangential, selten radial	in Reihen und verstreut	rund, selten oval	schräg zur Längsachse
Coniferae				
araukarioid . . .	radial, selten tangential	in 1—3 Reihen	polygonal	schräg zur Längsachse
abietinoid				
Frühholz . . .	radial	meist in einer Reihe	rund	selten schräg zur Längsachse
Spätholz . . .	radial, teils tangential			meist rund
Drimys	tangential	meist in einer Reihe	rund	rund oder schräg zur Längsachse
Trochodendron	Spätholz von Trochodendron, häufig tangential getüpfelt, im übrigen vorwiegend radial	treppenförmig, selten verstreut		
Frühholz			oval	senkr. z. Längsachse
Spätholz			oval und rund	schräg z. Längsachse
Tetracentron				
Frühholz			oval	senkr. z. Längsachse
Spätholz			oval und rund	schräg z. Längsachse
Fossile Tracheiden:	Bei Angrenzung an Nachbartracheiden in der Längsrichtung	treppenförmig, selten verstreut	oval und rund	senkrecht, selten schräg zur zur Längsachse

ist und sie bei Färbung mit Alkannin deutlich kleine, sich dunkler färbende Körnchen enthält, die also vermutlich harziger Natur sind. — Nicht festzustellen war die Abstufung von primärer, sekundärer und tertiärer Membran — falls die tertiäre überhaupt vorhanden war und falls sie infolge von rechtzeitiger Imprägnierung durch Harz erhalten geblieben ist. Diese Ueberlegung führt uns gleichzeitig zu der Frage, ob das Harz der Pflanze angehört hat oder nachträglich eingedrungen ist. Ich nehme das letztere an, da sonst nicht einzusehen ist, weshalb nur die Tracheiden konserviert wurden und nicht auch andere Zellen. Außerdem sind keinerlei Anzeichen für Harzleitung vorhanden und größere Harzpartikelchen im allgemeinen dicht hinter einer wandzerstörten Stelle gelagert.

Zum Schluß dieses Kapitels sei noch bemerkt, daß ich für Herstellung von Dauerpräparaten mit Erfolg das von Potonié und Gothan in ihrem paläobotanischen Praktikum (1913), S. 73, angegebene Lagerheimsche Mittel angewendet habe, nämlich Glyzerin und Zinksulfokarbolat.

c) Ergebnisse aus den Vergleichen von A und B.

Zum Vergleich der Tracheiden gefäßloser Pflanzen mit den fossilen Tracheiden stellen wir uns obenstehende Tabelle auf.

Daraus geht unverkennbar hervor, daß die größte Aehnlichkeit der fossilen Tracheiden mit Trochodendron und Tetracentron besteht. Diese Tatsache wird noch unterstützt durch das Auftreten von englumigen und weitlumigen Zellen bei allen drei Arten. Ferner ist überraschend, daß die deutliche Schrägstellung bei den wenigen Fällen, wo sie im Fossil beobachtet wurde, in den englumigen Zellen auftrat. Auch fanden sich die runden Hoftüpfel ausschließlich in diesen schmalen Zellen, genau wie bei den beiden rezenten Arten. Es läßt sich also daraus schließen, daß wir es bei den weitlumigen Tracheiden mit Frühjahrsholz, bei den englumigen mit Herbstholz zu tun haben. — Der besondere Fall des ovalen, fast rechteckigen Hofes, indem ein diagonal gerichteter schmaler Spalt zu sehen ist, wie Abb. 24 zeigt, erinnert etwas an den araukariroiden Typus. Ob er eine Deformation infolge der Inkohlung darstellt, oder uns auf einen Uebergangstypus hinweist,

läßt sich, da alle anderen Organe der Pflanze fehlen, hier nicht mit Sicherheit sagen. Handelt es sich indessen um keine Deformation, so steht nach Gothan[11]) fest, daß wir es hier mit einer Abart zu tun haben, denn nach seinen Angaben ist die Tüpfelform innerhalb jeder Art konstant seit ältester Zeit. Es wäre damit ein neuer Hinweis gegeben auf die stammesgeschichtlichen Untersuchungen von Hallier[13]), Arber-Parkin[1]) und Lotsy[20]), die in den Magnoliaceen eine stammesgeschichtliche Entwicklung der Koniferen bzw. der fossilen Benettitaceen sehen, und statt der hypothetischen Drimytomagnolia von Hallier, l. c., hätten wir hier eine Trochodendromagnolia vor uns.

Wenn in dem fossilen Material die spiraligen Verdickungen fehlen, so kann wohl hier dasselbe gelten, was Gothan[10]), S. 96, über einige Koniferen sagt: „Was schließlich die Hölzer anbetrifft, die neben den Hoftüpfeln noch Spiralverdickung in derselben Zelle haben, so muß man wohl annehmen, daß die Spiralenbildung bei diesen eine spätere Errungenschaft ist, die vielleicht zur weiteren Festigung der Zellen erwünscht war."

Auf das Fehlen von Libriform läßt nach Sanio[32]) die Länge der Tracheiden, von Gefäßen ihre beträchtliche Dicke schließen. Ferner weist nach Gothan[11]), S. 23f., das Auftreten der Tüpfelung an den Enden der Tracheiden darauf hin, daß hierin eine Festigungsmethode zu sehen ist, die notwendig wurde, da die anderen Elemente der Festigkeit, die Gefäße, die bei den gefäßführenden Pflanzen dieselben Funktion erfüllen wie hier die Tracheiden, fehlen.

Alle diese Argumente sprechen deutlich für die Annahme, daß der vorliegende paläophyte Rest zu den gefäßlosen Pflanzen, und zwar zu den Trochodendraceen gehört.

Wenn bisher an der Fundstelle keine anderen Organe dieser Pflanze bekanntgeworden sind, so ist das kein Gegenbeweis, da die aufgefundenen Blattreste jenes Tagebaues bisher nicht untersucht wurden. Nach einer ersten Prüfung der typisch wiederkehrenden Formen konnte ich allerdings nur auf Aroideen, Moraceen, Salicaceen und Fagaceen schließen, wobei mir die mikroskopische Untersuchung der Nerven bisher versagt blieb aus Gründen der Aufhellungsmöglichkeiten und der Brüchigkeit des Materials. Genauere Nachforschungen darüber behalte ich mir vor.

Zusammenfassung.

Eine oberflächliche Betrachtung des Fundortes und Prüfung des fossilen Pflanzenrestes führte uns darauf, daß wir es mit einer gefäßlosen Pflanze zu tun haben. Um einen Vergleich mit den vorliegenden inkohlten Tracheiden anstellen zu können, wurden die gefäßlosen rezenten Pflanzen untersucht und die entsprechenden fossilen Abarten, soweit sie von den rezenten Arten Abweichungen zeigen, mit berücksichtigt. Danach wurden die fossilen Tracheiden der Untersuchung zugängig gemacht durch verschiedene Aufhellungsmethoden. Vermittelst Färbemethoden und Mikrotomschnitten wurde die tracheidale Natur des fossilen Materials festgestellt und dann eine genauere Prüfung der Tracheiden unternommen. Aus den nun angestellten Vergleichen zwischen den rezenten und fossilen Tracheiden ergab sich, daß die Pteridophytae, Cycadales, Ginkgoales, Coniferae und Drimys nicht in Betracht kommen. Entscheidend sind hier die Tüpfel in Gestalt und Anordnung. Die Pteridophytae und Cycadales sind allseitig betüpfelt, wobei die Cycadales anders gestaltete Tüpfel aufweisen. Die Ginkgoales, Coniferae und Drimys müssen ebenfalls wegen der Verschiedenheit der Tüpfelform ausscheiden. Trochodendron und Tetracentron dagegen weisen dieselben elliptischen Tüpfel mit schmalem Spalt und breitem Hof auf, die in den weitlumigen Zellen senkrecht, in den englumigen dagegen häufig schräg zur Längsachse stehen. Auch sind hier, wie in dem Fossil, rund behöfte Tüpfel mit schrägem oder rundem Spalt beobachtet worden. Eine auffallende Erscheinung bildet die araukarioide Form der Tüpfel, die in einigen wenigen Fällen festgestellt wurde und die zu der Annahme einer Uebergangsform führt, da die Tüpfelung innerhalb der einzelnen Arten in bezug auf die Gestalt der Tüpfel — nicht auf die Zahl und Anordnung — konstant ist seit den ältesten Zeiten. Diese Uebergangsform, deren Habitus sich erst nach Auffinden anderer Organe genauer definieren läßt, erhält bis auf weiteres den analog zu Halliers hypothetischer Drimytomagnolie gewählten Namen Trochodendromagnolia nov. gen.

Literaturverzeichnis.

1. Arber-Parkin. On the origin of angiosperms. — Journal of the Linneau soc. bot. Vol. 38, 1907/08, S. 29.
2. de Bary, A. Vergleich. Anatomie der vegetoit. Organe der Phanerogamen und Farne. 1877.
3. Bower. Farne. — Im Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. 3.
4. Dippel. Zur Histologie der Koniferen. — Bot. Ztg., Nr. 22, 1862, S. 170.
5. Duval-Jouve. Histoire-naturelle des equisetum. Paris 1864.
6. Eichler, A. W. Cycadaceae. — In Engler-Prantls natürlichen Pflanzenfamilien. 1889.
7. Eichler, A. W. Bemerkungen über die Struktur des Holzes von Drimys und Trochodendron. Flora, Jahrg. 47, Bd. 29, 1864, S. 449—458.
8. Göppert, H. R. Ueber die anatomische Struktur einiger Magnoliaceen. Linnea, Bd. 16, 1842, S. 135.

9. Gothan, W. Neuere Arten der Braunkohlenuntersuchung. — Braunkohle, Jahrg. XX, Heft 27 und 47, 1921; Jahrg. XXI, Heft 22, 1922.
10. Gothan, W. Zur Anatomie lebender und fossiler Gymnospermenhölzer. — Abhandl. d. K. Pr. Geol. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 44, 1905.
11. Gothan, W. Ueber die Wandlungen der Hoftüpfel bei den Gymnospermen im Laufe der geologischen Epochen und ihre physiologische Bedeutung. — Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforschender Freunde, Berlin. Jahrg. 1907, Nr. 2.
12. Groppler, Rob. Vergleichende Anatomie des Holzes der Magnoliaceen. — Biblioth. botanica. Bd. 6, Heft 31, 1894.
13. Hallier, Hans. Ueber den Umfang, die Gliederung und die Verwandtschaft der Hamamelidaceen. Beihefte zum Botan. Centralbl. Bd. 14, 1903, S. 248.
14. Harms, H. Ueber die Stellung der Gattung Tetracentron, Oliv und die Familie der Trochodendraceen. — Berichte d. D. botan. Gesellsch. Bd. 15, 1897, S. 350.
15. Hartig, Theod. Anatomie und Physiologie der Holzpfl. — Berlin 1878.
16. Kanehira, Ryozo. Identification of the important japanese woods by anatomical characters. Taihoku 1921.
17. Kanehira, Ryozo. Anatomical characters and identification of formosan woods. Taihoku 1921.
18. Karsten, H. Organographische Betrachtung der Zamia muricata, Willd. — Abhandl. d. k. Akademie d. Wissensch. Berlin 1856.
19. Kny, L. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Tracheiden. — Berichte d. D. botan. Gesellsch. 1886, Bd. 4.
20. Lotsy, J. P. Vorträge über botanische Stammesgeschichte. Fischer, Jena 1911.
21. Mettenius, G. Beiträge zur Anatomie der Cycadeen. Abhandl. d. kgl.-sächs. Gesellsch. d. Wissensch. VII, 1864.
22. Miquel, F. A. W. Ueber den Bau eines erwachsenen Stammes von Cycas circinalis Linnea, 1844, S. 137.
23. Möller, Josef. Beiträge zur Anatomie des Holzes. Kais. Akad. d. Wissensch., math.-naturwissensch. Kl. Bd. XXXVI, Wien 1876.
24. Mohl, Hugo. Ueber den Bau des Cycadeenstammes. München 1832. Denkschrift der k. k. Akad. d. Wissensch. Bd. X.
25. Molisch, Hans. Mikrochemie der Pflanzen. II. Aufl., Jena 1921.
26. Nakamura, Yaroku. Ueber den anatomischen Bau des Holzes der wichtigsten japanischen Koniferen. — Hartigs Untersuchungen an dem forstbotan. Institut. München 1883. Bd. III, S. 26.
27. Pearson, H. H. W. Anatomy of the seading of Bowenia spectab., Hook. Ann. of botan. XII, S. 475, 1898.
28. Potonié, H., u. Gothan, W. Lehrbuch der Paläobotanik. II. Aufl., 1921.
29. Potonié, H., u. Gothan, W. Paläobotanisches Praktikum. Bibliothek für naturwissenschaftliche Praxis. Bd. 6. — Borntraeger, Berlin 1913.
30. Potonié, R. Neuere Arten der Braunkohlenuntersuchung. Braunkohle, Jahrg. XXI, Heft 3/4, 1922.
31. Reid, M. Eleanor. On a method of disintergrating peat and other deposits coutaining fossil seeds. Journal of Linneau society-botany. — Vol XXXVIII, 1907/09, S. 454—457.
32. Sanio, Karl. Vergl. Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Botan. Ztg. 1863, Heft 11—15.
33. Sanio, Karl. Vergl. Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Botan. Ztg. 1863, Heft 47—51.
34. Sanio, Karl. Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. Botan. Ztg. 1860, Heft 22—24.
35. Sanio, Karl. Anatomie der gemeinen Kiefer. Pringsheim-Jahrbücher. Bd. 9, 1873, S. 50—123.
36. Schacht. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. 1856, Bd. 1.
37. Scott, D. H. The anatomical characters presented by the peduncle of cycadae. Ann. of botan., XI, 1897, S. 399—419.
38. Seward-Gowan. The maiden hair tree (Ginkgo biloba) Ann of botan., XIV, 1900, S. 132.
39. Siebold-Zuccarini. Flora japonica (sectio prima). 1835.
40. Solereder, H. Ueber den systematischen Wert der Holzstruktur bei den Dikotyledonen. Dissert. München. 1885.
41. Solereder, H. Systematische Anatomie der Dikotyledonen. 1899.
42. Straßburger, Ed. Ueber Bau und Verrichtung der Leitungsbahnen. Hist. Beiträge. Bd. III. Jena 1891.
43. Straßburger, Ed. Entstehung und Wachstum der Zellhäute. Jena 1882.
44. Straßburger, Ed. Die Samenanlage von Drimys Winteri. Flora. Bd. 95, S. 215—231, 1905.
45. van Tieghem. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. Ann. des sc. n. Vième série, tome XIII, 1870/71.
46. Tschirch, A. Angewandte Pflanzenanatomie. Bd. 1, 1889.
47. Weisz, Gust. Ad. Anatomie der Pflanzen. Wien 1878.
48. Worsdell, W. C. The anatomical structure of Bowenia spectab. Hook. Ann. of botan. XII, S. 475, 1898.
49. Eckhold, Walt. Die Hoftüpfel bei rezenten und fossilen Koniferen. Dissert. Breslau. 1921.
50. Schimper-Schenk. Handbuch der Paläontologie. II. Abt., Paläophytologie. München 1890.